Das Vorkommen des Ammoniaks und der Ammonsalze in den Pflanzen

von

TH. WEEVERS.

Meine früheren Untersuchungen über die Lokalisation und Funktion des Kaliums in der Pflanze [1]) führten mich zum Studium des Ammoniaks und zwar zunächst zum Studium des Vorkommens in den Pflanzengeweben.

Das neulich entdeckte Vorkommen des Harnstoffes [2]) in sehr verschiedenen Pflanzen, speziell in den Mycotrophen und die öfters hervortretenden Anschauungen über die Bedeutung des Ammoniaks als Vorstufe zur Eiweissbildung waren dabei Veranlassung die Funktion im Stoffwechsel womöglichst zu berücksichtigen. Ein glücklicher Moment dabei war das Erscheinen zweier Lehrbücher über die Mikrochemie der Pflanzen [3]), welche einerseits die Mittel zum Nachweis zeigen konnten, andererseits die Dürftigkeit unsrer Kenntnis auf physiologischem Gebiet deutlich hervortreten liessen.

---

[1]) Th. Weevers Untersuchungen über die Lokalisation und Funktion des Kaliums in der Pflanze, diese Zeitschrift Vol. VIII 1911.

[2]) H. Weyland, Jahrb. f. wiss. Botanik Bd. II 1912.

[3]) H. Molisch Mikrochemie der Pflanzen.

O. Tunmann Pflanzenmikrochemie,

Methodisches.

Aus den obengenannten Büchern von Molisch und Tunmann geht hervor, dass wir bis jetzt noch nicht über ein Reagens, welches zum direkten Nachweis des Ammoniaks in der Zelle geeignet ist, verfügen. Nesslers Reagens ist nicht zu benutzen, weil zahlreiche Stoffe durch die unumgängliche Kalilauge an und für sich gelb gefärbt werden [1]).

Weyland l. c. benutzte zur Fällung des Harnstoffes Oxalsäure und dabei fand gleichzeitig Ammonsalzausscheidung statt, dies ist jedoch nur in ziemlich konzentrierten Lösungen der Fall und diese kommen in den Geweben nicht vor. Die von Tunmann l. c. erwähnte Fällung mittelst Alkohol fand ich nicht empfehlungswert, ebenso wenig die von Debski [2]) verwendete Weinsaüre. Das Ammoniak muss deshalb aus den Geweben freigemacht und dann nachgewiesen werden, dabei ist die von Molisch beschriebene Glaskammer ganz gut zu benutzen. Auf den Objektring setzte ich einen gut abgeschliffenen Glasring von 24 m.m. Diameter und 5 m.m. Höhe (Molisch benutzte etwas kleinere Ringe), welcher mit einem Deckgläschen geschlossen werden konnte. Auf dem Boden der Kammer liegt das Objekt, welches auf H_3N geprüft wird nebst dem Stoffe der das H_3N freimacht, unten am Deckglas hängt der Tropfen mit dem Reagens, entweder Platinchloridlösung oder Nesslersche Flüssigkeit.

In beiden Lehrbüchern wird zur Überführung in freies H_3N Kali- oder Natronlauge empfohlen und anfangs benutzte ich auch immer eine Lösung von 100 Gr. KOH auf 500 c.c. Wasser, die Resultate gaben mir jedoch Ver-

[1]) Vergl. H. Salomon, Jahrb. f. Wiss. Botanik. 1914.
[2]) Debski, Anzeiger der Krakauer Akademie 1895.

anlassung eine genauere Prüfung anzustellen, ob das in dieser Weise freigemachte Ammoniak lediglich aus Ammonsalzen oder vielleicht ebenfalls aus andern Stoffen herstammte. Dazu studierte ich die Einwirkung obengenannter Kalilauge auf einige amidhaltige Stoffe und das Resultat war folgendes:

Bei einer Temperatur von 10—20° C. wird aus einigen Amiden durch Kalilauge (100 Gr. auf 500 c.c. Wasser) Ammoniak freigemacht, und ist nach 24—48 Stunden deutlich nachweisbar. Harnstoff, Allantoin, Tyrosin, Arginin gaben keine, Leucin eine schwache, Asparagin, (gesättigte Lösung) eine deutliche H_3N-bildung. Die alte Methode ist also zum Nachweis des Ammoniaks und der Ammonsalze in den Geweben zu benutzen, wenn man innerhalb sehr kurzer Zeit die charakteristische Reaktion bekommt. Enthalten z.B. die Objekte verhältnissmässig viel Ammonsalze sowie bei den Zwiebelschuppen von Allium, so ist der Nachweis mit Platinchlorid möglich, denn bald bilden sich die Oktaeder des Ammoniumchloroplatinats, bei Objekten jedoch welche weniger H_3N enthalten, bilden sich die Oktaeder viel langsamer aus und ist Zweifel berechtigt woher das H_3N stammt.

Nessler's Reagens reagiert schnell und leicht mit kleinen Quantitäten Ammoniak, man kann ihm jedoch nicht unbedingt trauen, weil mehrere flüchtige Stoffe z.B. Aldehyde eine ähnliche Reaktion geben und überdies war es völlig ungeeignet zur quantitativen Schätzung des gebildeten Ammoniaks, ein Umstand, der wie unten deutlich wird, schwer ins Gewicht fiel.

Es musste deshalb nach einem Stoffe umgesehen werden, der unter den gegebenen Umständen in Bezug auf Temperatur und Einwirkungszeit das Ammoniak lediglich aus Ammonsalzen, nicht aus Amiden freimacht.

Magnesiumoxyd zu benutzen lag dabei auf der Hand, denn die Erfahrung der quantitativen-analytischen Praxis

und besonders die Resultate Longi's[1]) wiesen in dieser Richtung hin. Lösungen von Asparagin, Leucin, Allantoin, Tyrosin, Arginin und Harnstoff gaben bei Hinzufügung von MgO in Übermaas kein H_3N unter obengenannten Bedingungen; H_4NCl zeigte dagegen eine sehr deutliche Reaktion. Fügte ich das MgO zu der Lösung eines Dimethylaminsalzes, so bildete sich in der Platinchloridlösung ein Doppelsalz welches dem $(H_4N)_2.P_tCl_6$ täuschend ähnlich war. Dimethylamine sind also von H_3N in dieser Weise nicht zu unterscheiden[2]), diese Amine kommen jedoch fast nicht in den Pflanzen vor.

Besonders in Bezug auf Harnstoff ist dieses Resultat für uns von Gewicht, denn so wird die Verwechslung von den Ammonsalzen mit eventuell vorhandenem Harnstoff unmöglich[3]).

Wenn es sich darum handelt das Ammoniak aus den Geweben freizumachen, hat Magnesiumoxyd der Kalilauge gegenüber den Nachteil, dass letzterer Stoff die Zellen schnell tötet, während das fast unlösliche MgO nicht in die unangeschnittenen Zellen eindringt. Nur sehr zartwändige Zellen, sowie die der Staubfädenhaare von Tradescantia virginica zeigen mit MgO die Ammoniakreaktion; bei den übrigen Objekten benutzte ich die Giftwirkung des Chloroformdampfes zum Töten und permeabel machen der Zellen.

---

[1]) Longi Landw. Versuchsstat. Bd. 32 sagt, dass bei einer Temperatur unter 38—40° C. Amide nicht durch MgO angegriffen werden.

[2]) Trimethylamin verrät sich oft durch den Geruch; ist nach Czapek ein Zersetzungsprodukt des Cholins.

Dimethylamin fand man in faulenden Pflanzen, Methylamin kommt nach Schmidt (Vergl. Czapek Biochemie der Pflanzen I S. 161) in Beta und Mercurialis vor.

[3]) Die Bildung von Ammoniumcyanat aus der Harnstofflösung ist also unter diesen Umständen zu vernachlässigen (Vergl. Walker and Hambley Journ. Chem. Soc. 1895.

Das Verfahren war deshalb folgendes: Auf den Boden der Kammer legte ich das zu prüfende Gewebestückchen, fügte MgO-Pulver und einen Tropfen Wasser hinzu und legte daneben einen kleinen Wattebausch mit einem Tropfen Chloroform. Der sich entwickelnde Chloroformdampf tötet die Zellen, das Protoplasma wird permeabel und MgO kann auf die permeierenden Inhaltstoffe einwirken, sodass eventuell gebildetes Ammoniak entweicht, welches met dem Tropfen Platinchloridlösung am Deckglas die Kristalle von $(H_4N)_2P_tCl_6$ bildet. Diese Kristalle gleichen sehr denjenigen des $K_2P_tCl_6$, sodass das Reagens möglichst frei davon sein muss.

Diese Bedingung ist nicht leicht zu erfüllen, das Platinchlorid (Merck) in destilliertes Wasser gelöst, und einige Wochen in Glasgeräten aufbewahrt, zeigte beim Eintrocknen der Tropfen am Deckglas deutliche Kriställchen von $K_2P_tCl_6$. Weil es sich oft um den Nachweis von sehr kleinen H_3N-Quantitäten handelte, verwendete ich Platinchlorid puriss. (Kahlbaum), löste es in aqua destillata, welches noch mittelst Quarzgeräten überdestilliert war und bewahrte die Lösung in Quarzgeräten auf. Diese Lösung gab beim Eintrocknen kein oder ein sehr winziges Kriställchen von $K_2P_tCl_6$.

Nesslers Reagens ist bei Benutzung von MgO und Chloroformdampf nicht brauchbar, weil $CHCl_3$ an und für sich damit reagiert.

Die oben beschriebene qualitatieve Reaktion mit Platinchlorid war ebenfalls gewissermassen quantitativ zu verwenden, denn die Quantität der gebildeten Kristalle konnte ich, nachdem einige Hunderte Präparate durchgesehen waren, wenigstens zur Schätzung der freigemachten H_3N-Quantität benutzen. Stets prüfte ich Stückchen von 25 mg. Frischgewicht und die Quantität wurde durch die Ziffern 1 bis 5 ausgedrückt, 1 bedeutet sehr schwache Reaktion, 5 die stärkste Reaktion welche irgendwie beobachtet wurde.

Ich bin mir der Unvollkommenheit dieser Methode sehr gut bewusst, sie bietet jedoch den Vorteil so praktisch und bequem zu sein, dass es möglich war die verschiedensten Pflanzenteilen von hunderten Objekten auf Ammoniak so zu prüfen, dass die Quantitäten wenigstens verglichen werden konnten. Absolute Werte gibt die Methode nicht, jedoch ermöglicht sie vom Vorkommen der Ammonsalze in den verschiedenen Organen, eben sowie in den differenten Familien und biologischen Typen sich einen Begriff zu bilden.

Die gewöhnlichen quantitativen Methoden sind für so kleine Objekte nicht zu benutzen, jedoch habe ich sie in einigen Fällen, worin die vergleichende Methode hohe Werte zeigte, durchgeführt, damit ich so einigermassen eine Vorstellung der absoluten Werte bekommen konnte. Das durch Kochen mit ausgeglühtem MgO freigemachte H_3N wurde mit Wasserdampf überdestilliert, in $\frac{n}{10}$N, H_2SO_4 aufgefangen und mit $\frac{n}{10}$KOH zurücktitriert, eventuell vorhandener Harnstoff bildete deshalb ebenfalls H_3N; zur Destillation im Vakuum bei 33° C. hatte ich keine Gelegenheit. Zwei der drei untersuchten Objekten waren jedoch harnstofffrei, das dritte konnte ich leider nicht mehr prüfen.

Die drei Objekte Peltigera canina Ach., Allium Cepa L. (Zwiebelschuppen), Tricholoma equestre (Hut und Lamellen) gaben die vergleichenden, mikrochemischen Werte 4 à 5, 4 und 2 à 3.

Die quantitative Bestimmung mittelst Titration gab 0,2 %, 0,17 % und 0,07 %.

Ebermayer [1]) fand in frischen Pflanzen ebenfalls Werte zwischen 0,05 und 0,22 %.

---

[1]) E. Ebermayer Physiologische Chemie der Pflanzen 1882, Vergl. Molisch l. c.

Literaturübersicht.

In der physiologischen Literatur, welche sich auf die Eiweissbildung in den Pflanzen bezieht, findet man eine stets erneute Kontroverse zwischen den Vertretern zweier Anschauungen; die eine betrachtet das H_3N, die andere die Nitrate als Hauptquelle zur Eiweissbildung. Liebig trat für die Bedeutung des Ammoniaks ein, Boussingault widerlegte ihn und würdigte die Bedeutung der Nitrate. Als nun später, hauptsächlich durch die Arbeiten Winogradskys die Funktion der Nitratbakterien erkannt wurde, glaubte man vielfach die günstige Wirkung der Düngung mit Ammonsalzen durch Überfühung des H_3N in Nitrat erklären zu können. Versuche von Pitsch und von Lookeren Campagne[1], Müntz[2]) und anderen legten jedoch klar, dass ebenfalls im sterilisierten Boden von einer Überlegenheit der Nitrate nicht immer die Rede sein konnte[3]. Ammoniummagnesiumphosphat scheint keinen schlechten Einfluss zu haben, die schädliche Wirkung des $(H_4N)_2CO_3$ hängt mit seiner alkalischen Reaktion und Bildung des freien Ammoniaks zusammen[4]; dass also Ehrenberg[5] bei seinen Versuchen mit Hafer Ammoniumverbindungen weniger geeignet fand als Nitrate, das kann Niemand Wunder nehmen. Er kultivierte nl. Hafer in Odersand, dem Nährlösungen hinzugefügt wurden. Die eine Lösung enthielt $NaNO_3$, die andere $(H_4N)_2SO_4$ als Stickstoffquelle, beide jedoch enthielten $CaCO_3$, das mit

---

[1]) Pitsch und v. Lookeren Campagne, Versuchsst. Bd. XXXIV 1887.

[2]) Müntz, Compt-Rend. T. 109. 1889.

[3]) Vergleich auch E. G. Pringsheim. Kulturversuche mit chlorophyllführenden Mikroorganismen.

[4]) S. Takabayashi. Bull. College of Agriculture Tokyo 1897.

[5]) P. Ehrenberg. Die Bewegung des Ammoniakstickstoffs in der Natur. Mitt. Landw. Instit. Breslau 1909.

$(H_4N)_2SO_4$ Ammoniumkarbonat bildete. Aus letzterem entstand, wie Verfasser angibt, in den Kulturgefässen freies H_3N, das die Schädigung bedingte. Die Schädigung trat besonders in sterilisierten Medien hervor, weil sonst die Nitrifikationsorganismen, das sich allmählich bildende Ammoniak in Nitrat überführen; ebenso wird im Boden von stärkerer Absorptionskraft als Odersand die Schädlichkeit durch Ammoniakabsorption kleiner.

Dass Ammoniumsulfat in kalkfreiem Boden ebenfalls schädlich sei, schliesst Ehrenberg nicht aus eignen Beobachtungen, sondern aus älteren Untersuchungen z. B. von Giustiani und Lehman. So erklärt Prianischnikow [1]) die ungünstigen Ergebnisse der Ammonsalzdüngung durch die toxische Wirkung der sich bildenden sauren Reaktion als z. B. aus $(H_4N)_2SO_4$, das Anion zurückbleibt weil das Kation stärker verwendet wird. Für Salze wie Ammoniumnitrate und Phosphate trifft dies also nicht zu [2]).

Nur für die Pflanzen, welche saure Medien vertragen macht also Ehrenberg eine Ausnahme, sonst kehrt er zum alten Standpunkt zurück, seine Schlussfolgerungen stimmen jedoch mit nachfolgenden Resultaten nicht überein, es sei denn dass man jede Abweichung eine säureertragende Pflanze nennen will, dazu gehört dann aber ebenfalls der Hafer, mit welchem Ehrenberg seine Versuche anstellte (s. unten).

So sagt W. Krüger [3]), dass $(H_4N)_2SO_4$ fur Runkelrüben weniger geeignet ist als $NaNO_3$, dass aber beide Salze für Hafer, Gerste und Ackersenf gleich wertvoll sind, während das Ammonsalz für Kartoffeln besser ist. Hutchinson und Miller [4]) stellten fest, dass für Pisum

[1]) Prianischnikow. Ber. d. d. bot. Ges. Bd. 23. 1905.

[2]) Für Wasserkulturen ist die Sehädlichkeit des $(H_4N)_2SO_4$ durch allmähliche Ansäuerung der Nährlösung eine bekannte Tatsache.

[3]) W. Krüger. Landw. Jahrb. XXXIV 1905.

[4]) H. B. Hutchinson und Miller Journ. Agric. Sc. 1909.

sativum Nitrate und Ammonsalze gleich gut zu benutzen sind, Triticum jedoch Nitraten den Vorzug gibt.

Spezielle Differenzen scheinen also vorzulegen und zuweilen scheint die Wirkung von Nitraten und Ammonsalzen in verschiedenem Lebensalter nicht gleich zu sein. Heiden [1]) fand H_4N salze bei Secale und Lupinus speziell in den ersten Entwicklungstadien schädlich, Kellner [2]) schloss aus seinen Versuchen mit Sumpfreis, dass das H_3N gerade in den ersten Entwicklungsstadien günstig und Nitrat schädlich, später jedoch unschädlich sei. Freilich fanden seine Untersuchungen statt vor der Entdeckung der Nitratbakterien, also vor der Würdigung ihrer Bedeutung, sodass Nagaoka [3]) behaupten konnte, dass Nitrate bei Sumpfreis überhaupt nicht günstig sind. Damit kommen wir zu den Sumpfpflanzen. Pfeffer [4]) sagt in dieser Hinsicht: „dass vielleicht eine solche Bevorzugung der Ammonsalze noch häufiger gefunden wurde, wenn speziell solche Pflanzen in den Kreis der Untersuchungen gezogen wurden, die in Bodenarten wuchsen (Sumpfboden) in welchen die Nitrifikation nicht oder nur unvollkommen ausgeführt wird" [5]).

Nagaoka l. c. fand bei Sumpfreis, Juncus effusus, Sagittaria sagittifolia eine Bevorzugung der Ammonsalze. König [6]) behauptet, dass bei Ceratophyllum demersum, Myriophyllum proserpinacoïdes und Salvinia natans die Produktion frischer Substanz und die Stickstoffzunahme bei Salpeterernährung kleiner ist als bei Ammonsalzernährung.

---

[1]) E. Heiden, Naturforscher Ver. Cassel 1878.

[2]) O. Kellner, Landw. Versuchsst. Bd. XXV 1884.

[3]) M. Nagaoka, Bull. Agric. Coll. Tokyo Vol. VI 1904.

[4]) W. Pfeffer, Pflanzenphysiologie I S. 397.

[5]) Die im Boden gebundene Menge H_3N wird auf 0,001 bis 0,01 % angegeben. Boussingault. Agronomie.

[6]) König. Beiträge zur Selbstreinigung der Flüsse. Zeitsch. f. Unt. der Nahrungs und Genussmittel 1900.

Letztere Tatsachen und Betrachtungen machen eine Vergleichung des H_3N-gehalts der verschiedenen biologischen Typen nötig und besonders ist dies der Fall durch die Arbeit Weylands l. c. der das Vorkommen des Harnstoffs bei den Phanerogamen beobachtete und seine Bedeutung im Stoffwechsel studierte. Dieser Autor fand bei den echten obligaten Mycotrophen (Listera ovata R. Br., Gymnadenia conopea R. Br., Epipactis latifolia All., Neottia nidus avis, Polygala amara L.) Harnstoff, dagegen bei den echten Autotrophen z. B. Sisymbrium Alliaria Scop., Isatis tinctoria L., Chelidonium majus L., Melandrium rubrum Garcke. Ammonsalze und keinen Harnstoff. Autotrophe Pflanzen aus humusreichen Waldstellen (Aspidium felix Mas Sw., Equisetum silvaticum L.) gaben neben Ammonsalzen auch Harnstoff, dieselbe Arten auf Kalkboden gesammelt jedoch keinen Harnstoff; daraus schliesst Verfasser auf einen deutlichen Einfluss des Substrats in Bezug auf die Inhaltsbestandteile der Pflanzen und behauptet, dass diese Pflanzen im Humusboden Harnstoff oder Harnstoff-liefernde Produkte aus dem Boden aufgenommen haben. Auf die Einzelheiten dieser Arbeit komme ich unten noch zurück.

Ausführlich brauche ich hier nicht auf die noch so unbekannte und vielumstrittene Frage der Eiweissbildung in den Pflanzen einzugehen; ich muss jedoch erwähnen, dass das Ammoniak vielfach als Vorstufe zur Eiweissbildung betrachtet wird, es sei denn, dass es sofort verwertet werden kann, oder zuerst in eine andere Form übergeführt werden muss.

In etiolierten Keimpflanzen fand Schulze[1]) Ammoniak und besonders bei Autolyse ist die H_3N Bildung vielfach nachgewiesen worden; besonders Zaleski[2]) hat diese

[1]) Schulze, Landw. Jahrb. Bd. XXXV.

[2]) W. Zaleski, Ber. d. d. bot. Gev. Bd. XXX. In Gegensatz zu Zaleskis Angaben fand ich in Zwiebeln stets Ammonsalze.

Sache eingehender studiert. Er fand bei Autodigestion von etiolierten Keimpflanzen (Vicia Faba), und von Presssaft aus Spargeln Zunahme des Ammoniaks, es war jedoch die Frage ob das gebildete H_3N direkt aus den Eiweissstoffen oder aus den primären Zersetzungsprodukten derselben stammte. Dass das Ammoniak mit Umgehung der Amide zur Eiweissbildung dient, wird zuweilen behauptet, Zaleski l. c. konnte dies jedoch bei Keimungsversuchen mit Zwiebeln nicht bestätigen. In diesem Falle fand Eiweissbildung auf Kosten der Monoaminosäuren statt, Säureamide wie Asparagin und Glutamin wurden ebensowenig wie Ammoniak verwendet, wenigstens schliesst Verfasser dies aus das Gleichbleiben ihrer Quantität. Zaleski betrachtet daher die Säureamide und das Ammoniak als Speicherungsstoffe, wobei eine Zunahme des letzteren auf Grund seiner Giftigkeit vermieden wird. Auf Grund dieser Giftigkeit nehmen japanische Autore Suzuki und Takabayashi l. c. an, dass Ammoniak bei Anwesenheit von Kohlehydraten sofort in Asparagin umgesetzt wird, deshalb sich, wenn mehr Ammonsalze der Pflanze geboten werden, nicht im Gewebe anhäuft. Diese Betrachtung vernachlässigt jedoch die Ammonsalze, welche durchaus nicht so giftig zu sein brauchen, sowie aus Unterstehendem hervorgeht.

Meines Erachtens lohnte es sich jedenfalls in Bezug auf Obengenanntes den Ammoniak und Ammonsalzgehalt etiolierter und grüner Teile, sowie der wachsenden und ruhenden Organe zu vergleichen.

Das Vorkommen in den verschiedenen Geweben.

Bevor ich zur Betrachtung der Ergebnisse untenstehender Tabelle, welche über Ammonsalze handelt, übergehe, will ich zuerst einige Versuche zum Nachweis des freien Ammoniaks erwähnen.

Dazu wurde den Objekten im Glaskammer ein kleiner Wattebausch mit einem Tropfen Chloroform hinzugefügt und eventuell vorhandenes Ammoniak durch die Bildung der Kristalle des Ammoniumchloroplatinats nachgewiesen.

In Übereinstimmung mit der obengenannten giftigen Wirkung fiel bei den Phanerogamen das Resultat immer negativ aus [1]), weder in lebenden noch in mittelst Chloroformdampf getöteten Objekten konnte ich freies Ammoniak nachweisen. Besonders interessierten mich in dieser Hinsicht die Pflanzen, welche Xanthinderivate enthalten, denn für meine Schlussfolgerung [2]), dass das Koffein und Theobromin bei der Eiweissdissimilation gebildet und wieder zur Eiweisssynthese benutzt werden, war es wichtig zu wissen, ob ein Teil der N haltigen Stoffe als H_3N entweichen konnte. Sowie aus Obenstehendem hervorgeht war dies jedoch nicht aus jungen, erwachsenen, ebensowenig aus absterbenden gelben Blättern der Fall, wenigstens nicht bei Thea chinensis. Bei den Kryptogamen war freies Ammoniak jedoch zuweilen nachweisbar; eine Tatsache die für die mit Proteinstoffen ernährten Schimmelpilze und für die Fäulnisserreger bekannt genug ist.

z. B. fand ich freies Ammoniak ebenfalls in mit Chloroform getötenen Teilen von Peltigera canina Ach. (Reaktion 2 à 3) von Clitocybe infundibiliformis Sch. (1 à 2), ebenfalls in den verschleimenden Lamellen einer Coprinus spec.

Andere Hutpilze sowie z. B. Amanita muscaria gaben keine Reaktion,

In erwachsenen Wurzelknöllchen von Lupinus luteus L. fand ich im Bakteriengewebe nach Tötung mittelst Chloroform ebenfalls freies H_3N (Reaktion 2 à 3), auf welche Tatsache ich unten noch zurückkomme.

---

[1]) Bei den Chenopodiaceeen durfte nach Wicke (Bot. Zeit 1862) Trimethylamin abgegeben werden.

[2]) Th. Weevers. Die physiol. Bedeutung des Koffeins und des Theobromins. Annales du Jardin Bot. de Buitenzorg 2e Ser. Vol. VI 1907.

Bei der Untersuchung auf Ammonsalze habe ich stets 25 mg. Frischgewicht der Teile sowohl mittelst der KOH-Methode, als mit der Magnesiumoxyd-Chloroform Methode (s. oben) geprüft. Meistenfalls benutzte ich bei den höheren Pflanzen die Blätter, zog jedoch andere Teile zum Vergleich heran.

Wenn wir diese Resultate überblicken so können wir zunächst sagen, dass fast alle Objekte sowohl Kryptogamen als Phanerogamen Ammonsalze enthalten, sei es auch stets in sehr kleiner Quantität, nur bei den Droseraceae (Drosera anglica Huds. und D. intermedia Hyn.) den Ericaceae (Calluna vulgaris Sal., Erica Tetralix L., Vaccinium vitis idaea L.), bei Gentiana pneumonanthe L. und einigen andern war in 25 mg. der Blätter kein H_4N salz nachweisbar. Die verschiedenen Pflanzentypen will ich später behandeln, zuerst den Gehalt der differenten Teile einer selben Pflanze besprechen.

Zur selben Jahreszeit haben gleichartige Teile gleichgroszen Gehalt (wenigstens bis $\frac{1}{2}$ übereinstimmend), Einfluss eines verschiedenen Standortes konnte ich nicht beobachten, dies steht also im Gegensatz zur Beobachtung Weylands in Bezug auf Harnstoff, denn sowie schon oben gesagt wurde fand dieser Autor in Autotrophen wie Aspidium felix mas Sw., und Equisetum silvaticum L., welche auf humusreichem Boden wachsen, neben Ammonsalzen Harnstoff, jedoch in den gleichartigen Pflanzen, welche im humusfreien Boden gesammelt waren, nur Ammonsalze und keinen Harnstoff[1]).

Junge Blätter haben höheren Gehalt an H_4N-salzen als die älteren. z. B. Bunias orientalis L. jung 3, erwachsen 2, Sambucus nigra L. jung 2 à 3, erwachsen 1 à 2,

[1]) In der Arbeit Weylands wurden die Ammonsalze durch die Auskristallisierung ihres Bioxalats und Nitrats aus den Extrakten identifiziert, dabei war eine einwandfreie Unterscheidung dieser Kristalle und derjenigen welche Harnstoff mit den genannten Säuren bildet nicht immer möglich.

Aegopodium podograria L. jung 2, alt 1, Hyacinthus orientalis L. jung 3 à 4, erwachsen 2.

In Reserveorganen ist der Gehalt mittelgross. Z. B. Kotyledonen von Juglans regia L. 2, Fagus silvatica L. 2, Quercus Robur L. 1 à 2, Lunaria annua L. 2, Pisum sativum L. 1 à 2, Parenchymgewebe der Knolle von Solanum tuberosum L. 1 à 2, Ficaria verna Huds. 2, Brassica rapa L. 1 à 2.

Gewebe in welchen man einen regen Stoffwechsel vermuten kann, haben oft grösseren Ammonsalzgehalt als andere z. B., eben befruchtete Samenknospen von Narcissus Tazetta L. 2 à 3, erwachsenes Blatt derselben Pflanze 1; junge ♀ Kätzchen Salix cinerea L. 3, Rinde der Zweige in Dezember 1; Kambium dünner Zweige Betula pubescens Ehrh. in März 2, Holz derselben Zweige < 1; Plumula Pisum sativum 3, Kotyledonen 1 à 2. Vergleicht man bei im Dunkeln austreibenden Knollen von Brassica Rapa L. den Gehalt in 25 mgr. der Knollen, Blattstiele, und etiolierten Blätter so sind die Werte 1 à 2, 2 und 2 à 3.

Grüne und gelbbunte Teile desselben Objektes, zeigen bei Vergleichung folgendes: Im Allgemeinen ist die Quantität der Ammonsalze in den gelbbunten Teilen etwas grösser, obschon der Unterschied oft innerhalb der Fehlergrenze liegt. z. B. Tradescantia fluminensis Vell grün < 1, gelb 1; Acer negundo L. grün 1, gelb 1 à 2; Sambucus nigra L. grün 1 à 2, gelb 2; bei Aucuba japonica Thb. jedoch in beiden < 1.

Ebenfalls ist in etiolierten Keimlingen der Gehalt nur sehr wenig grösser (auf Frischgewicht berechnet) als in den normalen z. B. Pisum sativum L. normal 2 à 3, etioliert 3, Lepidum sativum grün 2 à 3, etioliert 3, in etiolierten Schösslingen von Solanum tuberosum jedoch 1 à 2. Ich erinnere in dieser Hinsicht an meine Beobachtungen l. c. bei Thea assamica, bei welcher Pflanze der zweimal grössere Koffeingehalt in den gelben Teilen auf eine starke dortige Eiweissdissimilation hindeutet.

Schlussfolgerungen aus obigen Beobachtungen kann man meines Erachtens leider nicht viele machen, die Allgegenwärtigkeit der Salze weist einerseits auf ihre Bedeutung im Stoffwechsel, andererseits macht sie durch die Anwesenheit in lediglich sehr kleinen Quantitäten es schwierig bestimmtere Folgerungen zu machen. Es gibt jedoch den Eindruck, dass der Ammonsalzgehalt umso höher ist, je reger der Stoffwechsel in den betreffenden Teilen. In Übereinstimmung damit fand ich im Winter den Gehalt in immergrünen Blättern stets niedrig z. B. Ilex aquifolium L., Aucuba japonica Thb., Vinca minor L. < 1, Juniperus communis L., Pinus silvestris L., Buxus sempervirens L. 1.

In Bezug auf den niedrigeren Gehalt in erwachsenen Blättern müssen wir bedenken, dass der Wassergehalt dieser Teile oft grösser ist und meine Beobachtungen mit frischen Teilen gemacht wurden, dies also einigermassen den höheren Gehalt in jungen Teilen erklären kann. Bei Hyacinthus orientalis L. und Brassica Rapa L. habe ich den Ammonsalzgehalt in Blättern, welche bei 100° C. getrocknet waren zu bestimmen versucht. Dies bot jedoch Schwierigkeiten und gab niedrigere Resultate als in frischen Teilen, wahrscheinlich treten beim Trocknen und Töten Prozesse auf, welche zu Verluste Veranlassung geben können.

Zum Schluss die Resultate der Wasserkulturen.

Zog ich z. B. Pisum sativum in Cronescher Lösung, die bekanntlich keine Ammonsalze erhält, so enthielten die Wurzeln keine derartige Salze, die Blätter jedoch zeigten sie ebensogut, wie bei in Gartenerde gezogenen Objekten. Daraus ergiebt sich, dass wenigstens in diesem Falle die Ammonsalze im Zusammenhang mit dem Stoffwechsel, wahrscheinlich dem Eiweissstoffwechsel entstehen [1]). Wurden die Pflanzen in Cronescher Lösung, welcher Ammonsulfat

---

[1]) Bokorny Th. Biochem Z. schr. XLIII sagt, dass der scheinbar zur Eiweissbildung dienende Salpeter zuerst in Ammoniak verwandelt wird.

(0,5 Gr. pro L.) hinzugefügt war gezogen, so war in den Wurzeln der Gehalt 2 à 3, die Salze werden also ganz gut aufgenommen, jedoch schnell verarbeitet, denn in den Blättern war der Gehalt nicht höher als in der Croneschen Lösung (1 à 2). Buchweizen gab unter obengenannten Bedingungen im Grossen und Ganzen dasselbe Resultat. In Cronescher Lösung, die Wurzeln < 1, Hypocotyl 1, Blätter 1 à 2; in Cronescher Lösung der Ammonphosphat hinzugefügt war, die Wurzeln 3, Hypocotyl 2 à 3, Blätter 1 à 2. Also Bildung beim Stoffwechsel im ersteren, Aufnahme in der Wurzel, Transport in Hypocotyl und Verarbeitung in den Blättern im letzteren Fall liegen auf der Hand.

In Übereinstimmung hiermit war ich nicht im Stande in Kartoffelpflanzen den Ammonsalzgehalt in den Blättern durch Düngung mit diesen Salzen zu steigern, im Ackerboden hatten mit und ohne Ammonsulfat gezogene Pflanzen in den Blättern gleich grossen Ammonsalzgehalt (1 à 2).

Das Vorkommen in den verschiedenen Pflanzen.

Im selben Boden wachsende Arten können einen sehr verschiedenen Ammonsalzgehalt enthalten: das belegen z. B. die Meeresalgen wovon unten die Rede sein wird.

Die Tatsache erinnert an das quantitative Wahlvermögen der Pflanzen, welches in Bezug auf anorganische Salze schon lange bekannt war. Es braucht jedoch nicht dieselbe Tatsache zu sein, denn bei den Ammonsalzen kann ja auch eine Bildung bei den Stoffwechselprozessen vorliegen sowie schon oben mit den Wasserkulturen bewiesen wurde. Jedenfalls liegen spezielle Eigentümlichkeiten, eigentlich ein Wort, womit wir unsre Unkunde eingestehen vor; die Frage in welcher Weise die Pflanze Salze in ihr Wurzelgewebe aufnimmt oder den Eingang verweigert ist ja noch nicht gelöst.

Die Vergleichung des Ammonsalzgehalts der verschiedenen Pflanzenfamilien und biologischen Typen bietet uns also mehr Abwechslung; die Mittelwerte interessieren uns hier selbstverständlich weniger als die extremen. Deshalb will ich bei den Phanerogamen nur diejenige Fälle erwähnen, in denen der Gehalt höher als 2 à 3 oder niedriger als 1 ist, die übrigen sind in der Tabelle nachzusehen.

Zunächst die Kryptogamen.

Die Reaktion von 25 mg. Meereswasser [1]) aus dem Hafen von Helder war 0, die in diesem Wasser wachsenden Meeresalgen boten einen sehr verschiedenen Gehalt; bei den Rhodophyceae Gigartina mamillosa J. Aq. und Chondrus crispus 1 à 2 und 2; bei den Phaeophyceae waren die extremen Werte Chorda filum Stackh 1 à 2 und Ascophyllum nodosum Le Jolis 2 à 3. Merkwürdig ist der sehr hohe Ammonsalzgehalt bei Noctiluca miliaris Sur 5. Die Anwesenheit von H_3N in diesem Objekte war schon von Heinsius und Goedhart [2]) nachgewiesen, man konnte jedoch gegen ihre Versuche einwenden, dass das H_3N ein sekundär gebildetes Zersetzungsprodukt sei. Schon in meiner Arbeit über die Lokalisation und Funktion des Kaliums in der Pflanze [3]) habe ich jedoch gezeigt, dass die Ammoniumverbindungen bei Noctiluca nicht postmortal entstanden sind.

Die Fungi enthalten oft ziemlich hohe Werte, besonders die Hymenomycetes in Hut und Lamellen z. B. Cantharellus cibarius Fr. 3 à 4, Clitocybe infundibiliformis Sch. 4, Lactarius turpis Fr. 3, Boletus edulis B. 4, Clavaria fragilis Holmsk. 3, jedoch Lactarius vellereus Fr. in Milchsaft und Hut $<$ 1. Die untersuchten Ascomycetes enthielten

[1]) In grösseren Quantitäten sind jedoch Ammonsalze nachweisbar.

[2]) Tijdschrift Ned. Dierk. Vereeniging 1892.

[3]) Untersuchungen über die Lokalisation und Funktion des Kaliums in der Pflanze. Diese Zeitschrift Vol. VIII 1911.

weniger z. B. Peziza spec Askusfrucht 1, Sclerotinia tuberosa Hedw. 1 à 2.

Bei den Lichenen war der Gehalt sehr verschieden, eine Tatsache: welche vielleicht mit ihrem Standorte zusammenhängt z. B. Evernia prunastri Ach. 3 à 4, Parmelia physodes Ach. 3, beide an Baumrinden, Peltigera canina Ach. am Waldboden überall 4 à 5 oder 5, jedoch hatten die auf Moorboden wachsenden Arten niedrigeren Gehalt z. B. Cladonia rangiferina Ach. $<$ 1, Cladonia pyxidata 1 und Parmelia physodes 1, also viel weniger als an Baumrinde.

Die Bryophyta und Pteridophyta gaben nur niedrige oder Mittelwerte, besonders die auf Haide und Moorboden wachsenden, Sphagnum cymbifolium Ehrh. Polytrichum commune L., Polytrichum juniperinum Willd alle $<$ 1.

Bei den Phanerogamen ist ein hoher Gehalt der H_4N-salze nur bei 5 der $\pm$ 90 [1]) untersuchten Familien zu finden, sonst erreichen nur einige sehr junge Organe mit regem Stoffwechsel einen Wert 2 à 3 z. B. Samenknospen Narcissus Tazetta L., junge Schösslinge Myrica Gale L., ♀ Kätzchen Salix cinerea L., Blumenknospen Magnolia precox Cor., junge Blätter Sambucus nigra L. Die fünf Familien, worin ich einen höheren Gehalt beobachten konnte, sind die Liliaceae, Cruciferae, Papilionaceae, Myricaceae, Betulaceae und in den drei letzteren nur in den Wurzelknöllchen, welche ich später behandeln will.

Bei den Liliaceae sind es nur sehr wenige Arten, speziell Allium (Zwiebelschuppen Allium vineale L. 4 à 5, Allium Cepa L. 4 à 5, junge Blätter A. vineale 4, erwachsene Blätter A., sphaerocephalum L. und hymenorhozum 2 à 3) deren hoher Gehalt schon früher hervorgehoben ist; Hyacinthus orientalis L. enthielt in jungen Blättern einen

[1]) Ausser den in der Tabelle genannten Arten, untersuchte ich mit der Kalilauge-Methode, welche nur zu höhe jedoch nicht zu niedrige Werte geben kann, noch einige Arten anderer Familien.

Gehalt von 3 à 4. Andere Liliaceae, wie Ornithogalum umbellatum und Narthecium ossifragum Huds. enthalten sehr wenig Ammonsalze z.B. Narthecium in den erwachsenen Blättern < 1.

Bei den Cruciferen sind die Werte ebenfalls sehr verschieden, hoch bei den jungen Blättern von Crambe cordifolia Stv. (4), Brassica oleracea L. (4), Lepidium sativum L. (3), Bunias orientale L. (3), niedrig dagegen bei den Blättern von Barbarea vulgaris R. Br. und Erophila verna E. Meijer (1 und 1 à 2).

Bemerkenswert ist es dass also diejenigen Kulturpflanzen wie Kohl und Laucharten, welche angeblich Ammonsalze als Stickstoffnahrung vorziehen, hohen Gehalt dieser Salze in ihren Blättern bezitzen.

Überblicken wir die Pflanzen, welche keine oder nur Spuren der Ammonsalze enthalten, so finden wir sie in viel grösserer Zahl und in sehr verschiedenen Familien.

Die Bryophyta Marchantia polymorpha L., Leucobryum glaucum Hp., Sphagnum cymbifolium Ehrh. (all < 1), die Orchidaceae Orchis incarnata L., Orchis latifolia L., Platanthera bifolia Rchb. (in den erwachsenen Blättern und Knollen < 1); Polygala depressa Wend (0), die Droseraceae Drosera rotundifolia L., Drosera anglica Huds., Drosera intermedia Hyn. (alle 0), Empetrum nigrum L. (0), die Ericaceae, Calluna vulgaris Salisb., Erica tetralix L., Vaccinium vitis idaea L., (alle 0), Gentiana pneumonanthe L. (0), Pinguicula vulgaris L. (< 1), Lobelia Dortmanna L. (< 1), alle in den erwachsenen Blättern, zuletzt bei Monotropa hypopitys L. 0 und < 1 in den Stengeln und Stengelschuppen.

Alle diese Pflanzen haben etwas besonderes in Bezug auf ihren Stoffwechsel; entweder sind sie Insektivoren, wie die Droseraceae und Pinguicula, welche auf moorigem Rohhumus enthaltendem Boden wachsen oder es sind sogenannte Mycotrophen, wie die Orchidaceae, Ericaceae,

Polygala depressa und Gentiana pneumonanthe, welche denselben Boden fast immer bewohnen. Dasselbe Resultat geben aus andern Familien, welche in der Mehrzahl Spezies mit Mittelwerten in Bezug auf Ammonsalze enthalten, diejenige Arten, welche denselben Boden bewohnen z. B. bei den Liliaceae Narthecium ossifragum Huds. (junge Blätter < 1), bei den Compositen Cirsium anglicum Lobel (erw. Blatt. < 1).

Die Frage liegt also auf der Hand; was charakterisiert denn eigentlich dieser Boden der Hochmoore?

In seinem sauren, schlecht durchlüftetem Substrat, spielen sich mehr Fäulniss- als Verwesungsprozesse ab und treten stickstoffhaltige organische Verbindungen besonders auf, bleibt jedoch die Umwandlung des Harnstoffs zu Ammonsalze und die Nitrifikation derselben aus, obschon Bacillus ureae vorhanden sein kann, sich jedoch wegen der sauren Bodenreaktion nicht vermehrt [1]. Leicht lässt sich dies demonstrieren, wenn man ein Liter von diesem Moorboden mit 1 c.c. Harn versetzt und unter eine Glasglocke stellt. Ein Tropfen Platinchloridlösung zeigt, dass sich kein Ammoniak bildet, während dies mit Gartenerde bald der Fall ist.

Aus den Untersuchungen von Bauman und Wieler [2]) geht hervor, dass der saure Charakter hauptsächlich den kolloidalen Körpern zukommt, jedenfalls werden diese Körper eventuell vorhandene Basen wie H_3N so sehr festhalten, dass sie dem Boden nur schwerlich entzogen werden können. So war es mir nicht möglich dem moorigen Haideboden mit 2 % Zitronensäurelösung (Übermaas) Ammoniak zu entziehen und ebensowenig gab der Boden nach Mischung mit MgO Ammoniak ab. Bauman [3])

[1]) R. Burri und A. Stutzer. Journ. f. Landwirtschaft 1894.
[2]) A. Wieler Ber. d. deutsch. bot. Ges. XXX 1912.
[3]) Bauman Versuchsstationen 1887.
S. Oden. Das Wesen der Humussäure Archiv. för Kemi Mineralogi

sagt auch, dass der Ammoniakgehalt der Moorboden nur verschwindend klein ist, besonders in den oberen Schichten; jedoch die Sickerwasser der Hochmoore enthalten mehr Ammoniakmengen als die der Niedermoore.

Im Allgemeinen kann man deshalb sagen, dass die Insektivoren und Mycotrophen, wachsend auf Moorboden welcher fast keine oder nicht erreichbare Ammonsalze enthält, diese Salze in ihren Geweben nicht oder nur in Spuren zeigen. Wenn wir auf den Gegensatz zwischen diesen Arten und denjenigen Pflanzen, welche wie Allium und Brassica speziell Ammonsalze als Stickstoffnahrung vorziehen, Acht geben, so liegt es auf der Hand zu sagen, dass die in den höheren Pflanzen vorkommenden Ammonsalze in erster Linie aus dem Boden herstammen und in den Moorpflanzen deshalb fehlen weil der Boden sie fast nicht enthält. Diese Folgerung ist jedoch unrichtig, das lehrten uns schon die Ergebnisse der Wasserkulturen und überdies einige Versuche welche ich auf Haideboden anstellte. Auf diesem sauren, sandigen Boden gezogen, enthielten Lepidium sativum L., Allium cepa L. und Fagopyrum esculentum Mnch die Ammonsalze in Wurzeln und Blättern. In den auf diesem Boden wildwachsenden Arten fand ich Salze ja auch bei Hydrocotyle vulgaris L. (Blätter 1 à 2), Juncus squarrosus L. (Blätter 1 à 2), Heliocharis multicaulis Sm. (Wurzel 2, Blätter 1), Eriophorum polystachyum L. (Blätter 1 à 2, Rhizom 2, Wurzel 1 à 2), Carex panicea L. (Blätter 1). Nicht so sehr im Boden selbst, vielmehr im besondern Stoffwechsel der Mycotrophen und Insektivoren muss also die Ursache der Abwesenheit der Ammonsalze liegen. Als ich deshalb die praktisch ammonsalzfreien Spezies Erica tetralix L. und Vaccinum vitis idaea auf Haideboden kultivierte, welcher

och Geologi 1914, schliesst aus der Leitungsfähigkeit auf das Vorkommen einer oder mehrerer Säuren.

mit Ammonphosphatlösung gedüngt wurde, blieb der Gehalt in den Blättern unverändert [1]).

Nur Neottia nidus avis Rich., Psilotum triquetrum und gewissermassen auch Epipactis palustris Crntz und Listera ovata R. Br. waren Mycotrophen mit deutlicher H_4N-reaktion 1 à 2 bis 2. Die beiden ersteren stimmen nach Shibata im anatomischen Bau der Mycorrhiza sehr überein und in bezug auf letztere Orchidaceae ist est bemerkungswürdig, dass der Standort von Epipactis palustris und Listera meistens ein andrer ist, als derjenige der Orchisarten und Platanthera.

Bei den ectotrophen Mykorrhizen von Pinus silvestris und Fagus silvatica war die Reaktion auf Ammonsalze ebensogut < 1, wie bei den Ericaceae, wo die Mykorrhiza epidermal ist.

Die Orchidaceae mit rein endotropher Mykorrhiza zeigten in den Wurzeln etwas höhere Werte < 1 bei Orchis latifolia, 1 bei Platanthera und Orchis maculata, 1 à 2 bei Listera ovata. Warum diese Mycotrophen die Ammonsalze nicht in ihren Blättern enthalten ist also leider noch eine offene Frage.

Die scharfe Grenze, welche Weyland zwischen ectotropher und endotropher Mykorrhiza zieht, ist in dieser Hinsicht mehr oder weniger verwischt; die ganze Mykorrhizafrage ist jedoch so kompliziert und vielzeitig, dass wie neulich Weyland betont, sie von einem Gesichtspunkt aus nicht gut zu beurteilen ist und ich hier nicht weiter darauf eingehen will; nur einen Punkt will ich noch hervorheben nl. die Frage aus welchen N-verbindungen die Ericaceae ihren Bedarf decken.

[1]) Bei Drosera können die H_4N-salze verarbeitet werden, denn ein Blatt, welches eben Insekte gefangen, hatte die Reaktion 2 später 1, noch später < 1.

Die Wurzeln hatten die Reaktion < 1 oder 1.

Nitrate waren bei den Ericaceae nicht nachzuweisen H_4N-salze ebensowenig und Weyland fand hier den bei andern Mycotrophen vorhandenen Harnstoff auch nicht. Es bleibt also die Möglichkeit, dass sie ihn aus N-haltigen organischen Verbindungen, welche im Moorboden vorkommen sollen, schöpfen. Dabei kann dem Anschein nach ebensogut wie bei den andern Mykotrophen die Mykorrhiza diese Aufnahme lediglich aus dem sauren Boden zu Stande bringen und wird daher durch Kalkdüngung die Existenzmöglichkeit so viel ungünstiger.

Weil nach Weyland unter den höheren Pflanzen speziell die Mykotrophen Harnstoff enthalten, besteht im Grossen und Ganzen ein gewisser Gegensatz zwischen dem Vorkommen der Ammonsalze und des Harnstoffs. Die harnstoffenthaltenden Pflanzen, besitzen wenig Ammonsalz und umgekehrt. Ausnahmen kommen jedoch vor, z. B. enthalten Vaccinium vitis idaea L. und Monotropa hypopitys L. keinen der beiden Stoffe, Listera ovata R. Br. und Neottia nidus avis Rich. sowohl Harnstoff als Ammonsalze. Der Gegensatz zwischen beiden Holosaprophyten (Holoparasiten) Neottia und Monotropa ist sehr schlagend und noch unerklärt; man kann nur auf die endotrophe Mykorrhiza ersterer, auf die ektotrophe letzterer hinweisen.

Die grünen Halbschmarotzer Melampyrum pratense L., Pedicularis silvatica L., Euphrasia nemorosa Pers. und Alecterolophus major Rchb. enthalten ziemlich kleine Werte der Ammonsalze (1 bis 1 à 2), vielleicht aus ihren Wirtspflanzen herstammend, oder im Stoffwechsel gebildet, die Holoparasiten Orobanche rapae Genistae Thuil 1 à 2 und 2 in Knolle und Schuppen, Cuscuta epithymum L. 1 à 2 im Stengel.

Das Vorkommen in den Wurzelknöllchen.

Während die Blätter und Stengel der Papilionaceae nur mittelgrosse Werte der Ammonsalze darbieten, enthalten die Wurzelknöllchen viel höhere z. B. Lupinus luteus L. 4 à 5, Lupinus polyphyllus Lal. 3 à 4, Trifolium pratense L. 5, Robinia pseudacacia L. 3 à 4, Sarothamnus vulgaris Wimm 4, Vicia Faba L. 4 à 5. Dies scheint mir eine bemerkenswerthe Tatsache, insbesondere weil ungeachtet der grossen Literatur über die Wurzelknöllchen der Papilionaceae und ihre Erreger, der Chemismus in den Knöllchen fast völlig unbekannt ist. Man weiss nur, dass die Stickstoffbindung in den Knöllchen stattfindet, die deshalb stickstoffreicher als die übrigen Wurzelteile werden. Als Endprodukte nimmt man vielfach Proteine an, welche in den Nährstoffkreislauf der Papilionaceae hinübergehen sollen.

Stoklasa [1]) hat den Stickstoffgehalt in den Knöllchen bei Blütenbildung, bei beginnender Samenbildung und Samenreife verglichen. Er fand in den Knöllchen die Werte 5,2 %, 2,6 % und 1,7 % und in den übrigen Wurzelteilen 1,6 %, 1,8 % und 1,4 %. In allen Teilen nimmt also der Gehalt bei der Samenreife ab.

Dass Ammonsalze in den Knöllchen stets vorkommen, war soviel mir bekannt noch nicht nachgewiesen [2]) und ist ein merkwürdiger Gegensatz zu den von Marchal [3]) beobachteten Tatsachen, dass man in Wasserkultur durch Hinzufügung kleiner Mengen von Nitraten oder Ammon-

---

[1]) J. Stoklasa Landw. Jahrb. 1895.

In den älteren Angaben von Troschke Just. bot. Jahrber. 1884 ist in den Knöllchen den Eiweissgehalt 31,6 %, in den Wurzeln 5,02 (Auf Trockengewicht berechnet).

[2]) Weyland l. c. hat gezeigt dass die Knöllchen keinen Harnstoff enthalten, dass jedoch in den Erbsenpflanzen Ammonsalze vorkommen. Ob er auch die Knöllchen auf H_4N-salz geprüft hat, ist mir nicht deutlich.

[3]) E. Marchal. Compt rend Tome CXXXIII 1901.

salzen die Knöllchenbildung hemmen kann, ebensogut wie Stickstoffdüngung im Boden ihre Bildung verringert [1]).

Einige von den untersuchten Objekten wuchsen in fast N-freiem Boden, von den in obigen Fällen wahrscheinlich gemachten Annahmen, dass die Ammonsalze dem Boden entnommen sind, oder beim Eiweissstoffwechsel entstehen, kann also die erstere schwerlich zutreffen. Es bliebt also die Frage ob die Ammonsalze eine Vorstufe zur Eiweissbildung in den Knöllchen sind oder als Dissimilationsprodukte zum Transporte der Stickstoffverbindungen nach den übrigen Teilen dienen.

Bei Lupinus luteus verglich ich die Wurzelrinde unterhalb und oberhalb der Knöllchen und fand in ersterer eine Reaktion 0 oder < 1 in letzterer 1 à 2 bis 2. Das Holz der Wurzel mit der Rinde zusammen untersucht gab ebenfalls oberhalb der Knöllchen eine Reaktion 1 à 2. Transport mag also stattgefunden haben.

Versuche zur Isolierung eine Enzyms, welches Abbau der Eiweissstoffe bis zum Ammoniak zu Stande bringen konnte, gaben bisjetzt noch negative Resultate [2]).

Nebst den Wurzelknöllchen der Papilionaceae prüfte ich auch diejenigen einiger andrer Pflanzen.

In Alnus glutinosa Gaertn., welcher bekanntlich oft auf obengenanntem Moorboden wächst, war in Blättern, Holz und Rinde der Gehalt 1 à 2, in den Wurzelknöllchen 3 oder 3 à 4; bei Myrica Gale L., die nur auf Moorboden vorkommt in den Blättern 1 à 2, in jungen Schösslingen und dicken Wurzeln 2 à 3, in Wurzelknöllchen 3 und 3 à 4. Es liegt auf der Hand hier dieselbe Schlussfolgerung wie bei den Papilionaceen zu machen insbesondere weil

---

[1]) Laurent Compt rend Tome CXXXIII 1901.

[2]) Als ich meine Arbeit schon abgeschlossen hatte, fand ich in einer Mitteilung Benjamins (Proc. Royal. Soc. New South Wales 1915) dass in den Knöllchen Urease vorkommt; dies stimmt nicht mit den Mitteilungen Weylands dass Harnstoff fehlt.

nach den Untersuchungen von Nobbe und Hiltner[1]), die Pflanzen speciell Alnus ohne Knöllchen nur bei Zugabe von Stickstoffverbindungen wachsen können, dagegen nach Ausbildung der Knöllchen mit dem Luftstickstoff zukommen. Über die Erreger dieser Knöllchen herrscht eine so grosse Kontroverse, dass vorläufig nicht zu entscheiden ist, ob hier dieselbe Bakterien wie bei den Papilionaceen vorliegen, sowie Bottomley und Spratt[2]) behaupten. Shibata[3]) ist ganz andrer Meinung, spricht z. B. bei Myrica rubra von Actinomyces; bei Alnus dagegen soll der Erreger einen Zellbau haben, der vielmehr den Bakterien als den Fadenpilzen zukommt und von Myrica erheblich abweichen.

Nach Obenstehendem stimmen sie jedoch in Bezug auf die Ammonsalze im Chemismus überein.

Hippophae rhamnoides L. aus den Dünen, wo Pflanzen mit Mittelwerten in Bezug auf Ammonsalze vorkommen, hat in den Wurzelknöllchen eine Reaktion 2 à 3.

Podocarpus elata R. Br. (Topfpflanze) gab in den Wurzelknöllchen eine Reaktion 2 à 3, in erwachsenen Blättern 1 à 2. Veranlasst durch die angebliche Stickstoffbindung in den Bacterienknötchen der Rubiaceenblätter untersuchte ich auch Psychotria bacteriophila Val., fand jedoch den Gehalt innerhalb und ausserhalb der Knötchen gleich (1 à 2).

Es besteht also ein grosser Unterschied zwischen den Pflanzen, welche mittelst Wurzelknöllchen und denjenigen, welche mittelst Mykorrhiza auf dem sauren Boden der Hochmoore und moorigen Haiden ihre Existenz finden. In ersteren finden wir stets verhältnissmässig viel Ammonsalze, in letzteren gar nicht oder nur in Spuren.

Wenn die Behauptung von Ch. Ternetz, dass die

---

[1]) Nobbe und Hiltner Bot. Centralbl. 96. 1904.

[2]) Bottomley and Spratt. Annals of Botany 26.

[3]) Shibata Jahrb. f. Wiss. Botanik 37. 1902.

Mykotrophen mit Hülfe ihrer Mykorrhiza ebenfalls den Luftstickstoff assimilieren, richtig wäre (ihre Versuche sind nicht einwandsfrei, wie die Verfasserin zugibt) so ist dieser Prozess jedenfalls völlig von dem in den Bakterienknöllchen verschieden, denn Ammonsalze treten in diesen Mykotrophen praktisch nicht auf, sind auch in der Mykorrhiza von Erica und Calluna vulgaris z. B. nicht vorhanden.

Zusammenfassung.

Der beim Nachweis der Ammonsalze in den Pflanzen üblichen Methode, Kalilauge zur Freimachung des Ammoniaks zu benutzen, ist nur zu trauen, wenn die Reaktion sehr schnell eintritt. Bei Zimmertemperatur spaltet Kalilauge auch aus einigen Amiden z. B. Asparagin das Ammoniak ab, freilich nur nach einigen Stunden.

Zuverlässig is folgende Methode: durch Chloroformdampf werden die Gewebe getötet, Magnesiumoxyd wird zum Freimachen des Ammoniaks benutzt und letzteres als Ammoniumchloroplatinat im hängenden Tropfen nachgewiesen.

Die gebildete Kristallmenge lässt sich zur Schätzung der vorhandenen Ammonsalze verwenden, sodass die Quantität in den verschiedenen Teilen verglichen werden konnte. Die durch Titration mittelst 0,1 NH_2SO_4 in einzelnen Fällen bestimmte maximale Quantität war 0.2 % (auf H_3N berechnet).

Freies Ammoniak kommt bei den untersuchten Phanerogamen nur in Bakterienwurzelknöllchen vor, bei den Kryptogamen war es zuweilen bei Hymenomyceten (Clitocybe infundibiliformis) und bei den Lichenen (Peltigera canina) zu finden.

Ammonsalze fand ich bei allen Spezies, mit Ausnahme

der mykotrophen und insektivoren auf Moorboden wachsenden Arten.

Zur selben Jahreszeit haben gleichartige Teile derselben Spezies gleichgrossen Gehalt. Einfluss eines verschiedenen Standortes war fast nicht zu beobachten. Düngung mit Ammonsulfat gab bei Solanum tuberosum ebensowenig eine Zunahme über den gewöhnlichen Gehalt wie Düngung mit Ammonphosphat bei Erica tetralix. In Übereinstimmung hiermit war bei den Wasserkulturen von Pisum sativum und Fagopyrum esculentum die Hinzufügung von Ammonsalzen zu der Croneschen Lösung ohne Einfluss auf den Ammongehalt der Blätter; die Wurzeln hatten dagegen viel höheren Gehalt als bei den Kontrollversuchen in Cronescher Lösung (ohne H_4N-salz); die Salze werden also schnell verarbeitet. Aus der Tatsache dass bei letzteren Kontrollversuchen die Ammonsalze nicht in den Wurzeln jedoch deutlich in den Blättern vorhanden waren, ergiebt sich, dass wenigstens in diesem Falle, die Salze im Zusammenhang mit dem Stoffwechsel entstehen, es sei denn dass als Vorstufe zum Eiweiss sie sich aus Nitraten bilden, es sei dass sie bei der Eiweissdissimilation gebildet werden. Die Vergleichung der verschiedenen Teile einer selben Pflanze lehrte, dass im Allgemeinen der Gehalt der Ammonsalze umso höher (Maximal 0.2 $^0/_0$) ist, je reger der Stoffwechsel in den betreffenden Geweben, eine Tatsache welche in Bezug auf obengenannte Beteiligung am Eiweissstofwechsel sich ja gut verstehen lässt. In etiolierten und gelbbunten Teilen war der Gehalt stets nur sehr wenig höher als in den grünen Geweben derselben Planzenarten.

Verschiedenartige Algen im selben Meereswasser wachsend, hatten sehr ungleichen Gehalt, welcher bei der Flagellat Noctiluca miliaris besonders hoch war. Fungi, ins besondere Hymenomycetes und Lichenes haben oft grossen Gehalt, dagegen waren bei den auf Moorboden

oder auf mooriger Haide wachsenden Lichenen, wie Cladonia rangiferina und pyxidata die Werte klein. Bei den Phanerogamen und Bryophyten bietet die Vergleichung der verschiedenen Pflanzentypen folgende Resultate:

Ein hoher Gehalt kommt vor bei einigen Liliaceae und Cruciferae, besonders Lauch und Kohlarten welche angeblich Ammonsalze als Stickstoffnahrung vorziehen.

Keine oder nur Spuren Ammonsalze finden wir dagegen bei den Insektivoren und Mykotrophen, welche auf saurem schlecht durchlüftetem moorigem Haideboden, der fast keine oder fast unerreichbare Ammonsalze enthält, wachsen, (z. B. Orchisarten, Platanthera bifolia. Polygala depressa, Drosera-arten, Empetrum nigrum, Calluna vulgaris, Erica Tetralix, Gentiana pneumonanthe, Pinguicula vulgaris u.s.w.) Der Gegensatz dieser beiden Typen scheint darauf hinzuweisen, dass die Ammonsalze in erster Linie aus dem Boden herstammen, obengenannte Versuche mit Wasserkulturen zeigen jedoch die Unrichtigkeit dieser Betrachtung und überdies belegen andere Pflanzenarten vom selben Standort (Carex spec, Juncus squarrosus, Eriophorum polystachyum u. s. w.) diese Unrichtigkeit.

Nicht so sehr im Boden selbst, vielmehr im besonderen Stoffwechsel der Mykotrophen, muss die Ursache der Abwesenheit der Ammonsalze liegen; eine nähere Präzisierung der Frage ist leider noch unmöglich.

Die Wurzelknöllchen der Papilionaceae, von Myrica Gale L. und Alnus glutinosa Gaertn., enthielten eine relativ grosse Quantität der Ammonsalze, ebenfalls bei den in saurem fast ammonsalzfreiem Moorboden wachsenden Arten. Die Voraussetzung, dass es dem Boden entnommene, und gespeicherte Ammonsalze waren, trifft hier also schwerlich zu. Die Salze können also Vorstufe zur Eiweissbildung in den Knöllchen oder Dissimilationsprodukte zum Transport nach den andern Teilen sein. Vergleich der Wurzelteile (Rinde und Holz) von Lupinus luteus oberhalb

und unterhalb der Knöllchen zeigte, dass Transport stattfinden mag. Versuche zur Isolierung eines Enzyms, welches Abbau der Eiweissstoffe bis zum Ammoniak zu Stande bringen konnte, gaben bisjetzt noch negatives Resultat.

Die ectotrophe Mykorrhiza der Bäume (Fagus silvatica und Pinus silvestris) gab wie die epidermale Mykorrhiza der Ericaceae keine oder nur sehr schwache Ammonsalz reaktion; hier liegt also ein völlig andrer Stoffwechsel als bei den Papilionaceenknöllchen vor. Wenn sowie Ch. Ternetz wahrscheinlich zu machen versucht hat, die Mykorrhizapflanzen ebenfalls den gasförmigen Stickstoff verwenden so geschieht es in ganz andrer Weise.

In den Wurzeln mit endotropher Mykorrhiza der Orchideen war die Ammonsalzreaktion zuweilen < 1 (Orchis latifolia), zuweilen 1 à 2 (Listera ovata); die scharfe Grenze zwischen ecto und endotropher Mykorrhiza, welche Weyland zieht, ist in dieser Hinsicht verwischt, die ganze Mykorrhizafrage ist jedoch so vielseitig dass sie aus einem Gesichtspunkt nicht gut zu beurteilen ist.

Es ist verlockend aber gefährlich zugleich sich an der Hand obengenannter Tatsachen und Betrachtungen die Frage vorzulegen, warum so bestimmte Pflanzen immer auf dem Haide-Hochmoore und fast nur dort vorkommen; gefährlich weil man in den oekologischen Fragen leicht zu einseitig ist. Wenn wir uns auf den Boden der Stahlschen Hypothese stellen, so können wir seine Betrachtungen über die Nährsalze speziell für die Stickstoffverbindungen gelten lassen und Folgendes sagen.

Der saure Boden der Hochmoore, dem Ammonsalze nahezu fehlen, wo die Nitrifikation nicht vorkommt und nur organische N-haltige Stoffe z. B. Amide und Harnstoff aus tierischen Excrementen und Fäulnissprozessen vorhanden sein können, ist das spezielle Gebiet derjenigen Pflanzen, die in irgend einer Weise, die Aufnahme des unentbehrlichen Stickstoffs zu Stande bringen können. Die

Insektivoren benutzen die tierischen Stickstoffverbindungen; die Pflanzen, welche sowie Myrica Gale, Alnus glutinosa, Genista anglica Wurzelknöllchen haben, eignen sich den atmosfärischen, in den Boden eingedrungenen Stickstoff an. Die Mykotrophen, wie die Orchidaceae, Ericaceae, Gentiana pneumonanthe u. s. w. benutzen wahrscheinlich mit Hülfe ihrer Mykorrhiza die organischen Stickstoffverbindungen. Dem Anschein nach geschieht letzteres am besten im sauren Boden und wird deshalb die Existenz der Mykotrophen durch Kalkdüngung unmöglich.

Amersfoort, Juli 1916.

Tabelle.

Familie.	Spezies.	Objekt.	KOH.	MgO.	Zeit.
Flagellata	Noctiluca miliaris Sur.		5	4 à 5	Juli [1])
Myxomycetes	Fuligo varians Sommf.	fruktif. Plasmodium	3 à 4	2 à 3	Juni
Phaeophyceae	Laminaria digitata L.	thallus	1 à 2	1 à 2	Juli
	Chorda filum Stackh.	„	1 à 2	1 à 2	„
	Ascophyllum nodosum Le Jolis	„	2 à 3	2 à 3	„
	Fucus serratus L.	„	2	2	„
Characeae	Chara foetida A. Br.	„	2 à 3	2	Juli
Rhodophyceae	Gigartina mamillosa J. Aq.	„	1 à 2	1 à 2	„
	Chondris crispus L.	„	2	2	„
Ascomycetes	Sclerotinia tuberosa Hedw.	Askusfrucht	2	1 à 2	April
	Peziza spec.	„	1	1	Sept.
	Geoglossum glabrum Pers.	„	3	2 à 3.	„
Hymenomycetes	Cantharellus cibarius Fr.	Hut	3 à 4	3 à 4	„
	Clitocybe infundibiliformis Sch.	„	4	4	„
	Coprinus spec.	„	2 à 3	2 à 3	„
	Lactarius vellereus Fr.	„	2	< 1	„
	„ „ „	Milchsaft	3	< 1	„
	„ turpis Fr.	Hut	3	3	„
	Pholiota squarrosa Müll.	„	2 à 3	2 à 3	„
	Russula fragilis Fr.	„	2	2	„
	Tricholoma equestre L.	„	2 à 3	2 à 3	„
	„ „	Lamellen	3	2 à 3	„
	Hydnum imbricatum L.	Hut	2 à 3	2 à 3	„

Familie.	Spezies.	Objekt.	KOH.	MgO.	Zeit.
	Scleroderma vulgaris Fr.	Fruchtkörper	3	2 à 3	Sept.
	Boletus edulis B.	Hut	4	4	„
	„ badius Fr.	„	2	2	„
	Polyporus perennis L.	„	3	3	„
	Clavaria fragilis Holmsk.	Fruchtkörper	3	3	„
Lichenes	Cladonia rangiferina Ach.		1	< 1	„
	Cladonia pyxidata Ach.	Thallus	1 à 2	1	„
	Evernia prunastri Ach.	„	4	3 à 4	„
	Parmelia physodes Ach.	„	3	3	„
	Peltigera canina Ach.	„	5	4 à 5	„
Musci	Marchantia polymorpha L.	„	1	< 1	„
	Leucobryum glaucum Hpe.	Blätter	< 1	< 1	„
	Sphagnum cymbifolium Ehrh.	„	< 1	< 1	Mai
	Polytrichum commune L.	„	< 1	< 1	Juni
	Polytrichum juniperinum Willd.	„	1	1	Nov.
Filices	Pteris aquilina L.	sehr junges Blatt	4	2 à 3	Juni
Equisetaceae	Equisetum palustre L.	junger Stengel	2	1	Mai
	„ arvense L.	fertieler „	2 à 3	1	April
Lycopodiaceae	Selaginella denticulata Lk.	s. junges Blatt	4 à 5	1 à 2	Febr.
Coniferae	Juniperus communis L.	Blatt	1 à 2	1	Sept.

Familie.	Spezies.	Objekt.	KOH.	MgO.	Zeit.
	Larix decidua Mill.	junge Knospen	2 à 3	1 à 2	April
	Pinus silvestris L.	erw. Blatt	1	1	Sept.
Cyperaceae	Carex panicea L.	„ „	1	1	„
	Eriophorum polystachyum L.	„ „	1 à 2	1	April
	„ „	Wurzeln	1 à 2	1 à 2	„
	„ „	Rhizom	2 à 3	2	„
	Heliocharis multicaulis Sm.	Blatt	1	1	„
	„ „	Wurzeln	2	2	„
Gramineae	Anthoxanthum odoratum L.	erw. Blatt	1 à 2	1	Mai
	Bromus mollis L.	„ „	1	< 1	„
	Holcus lanatus L.	„ „	2	1 à 2	Juni
	Poa annua L.	j. Blatt	3 à 4	1 à 2	Febr.
	„ „	erw. Blatt	1	1	„
	Glyceria fluitans R. Br.	„ „	1 à 2	1 à 2	April
Araceae	Arum maculatum L.	j. „	2 à 3	1 à 2	„
Commelinaceae	Tradescantia fluminensis Vell.	erw. grünes B.	1 à 2	< 1	Febr.
	„ „	„ gelbes B.	2	1	„
	„ virginica L.	„ Blatt	1 à 2	1	Juni
	„ „	Staubfädenhaare	4	2	„
Juncaceae	Juncus squarrosus L.	erw. Blatt	1	1	Oct.
Liliaceae	Allium vineale L.	j. „	4	4	Febr.
	„ „	Zwiebelschuppen	5	4 à 5	„
	„ Cepa L.	„	4 à 5	4 à 5	„
	„ sphaerocephalum L.	erw. Blatt	3	2 à 3	Mai
	„ hymenorhizum Leb.	„ „	3	2 à 3	„
	Asparagus officinalis L.	gelbe Stengelspitze	3	2 à 3	April

Familie.	Spezies.	Objekt.	KOH.	MgO.	Zeit.
	Colchicum autumnale L.	junges B.	2 à 3	1 à 2	März
	Hyacinthus orientalis L.	„ „	3 à 4	3 à 4	Febr.
	Narthecium ossifragum Huds.	erw. „	< 1	< 1	Juni
	Ornithogalum umbellatum L.	j. „	1 à 2	1	„
	Tulipa gesneriana L.	j. „	3 à 4	2 à 3	Febr.
Amaryllidaceae	Galanthus nivalis L.	j. „	3	2	„
	Narcissus Tazetta L.	erw. „	1 à 2	1	„
	„ „	eben befruchtete Samenknospen	3 à 4	2 à 3	„
Iridaceae	Crocus sativus L.	Staubfäden	2	1	April
		Kronblatt	1 à 2	< 1	„
Orchidaceae	Epipactis palustris Crntz.	erw. Blatt	1 à 2	1 à 2	Juni
		Wurzel	1 à 2	1	„
	„ „	Rhizom	1	1	„
	Listera ovata R. Br.	erw. Blatt	2	1 à 2	„
		Wurzel	2	1 à 2	„
	Neottia nidus avis Rich.	Stengelschuppen	2	2	„
		Rhizom	2	2	„
	Orchis incarnata L.	erw. Blatt	1	< 1	„
	„ latifolia L.	j. „	1	< 1	Mai
		Wurzel	1	1	Juli
	„ maculata L.	junges Blatt	1	1	Juni
		Wurzel	1 à 2	1	„
	Platanthera bifolia Rchb.	junges Blatt	< 1	< 1	„
		Wurzel	1	1	„
		Knolle	1	< 1	„

Familie	Spezies.	Objekt.	KOH	MgO.	Zeit.
Juglandaceae	Juglans regia L.	erw. Blatt	1 à 2	1	Sept.
		Kotyledonen	2 à 3	2	„
Myricaceae	Myrica Gale L.	j. Blatt	2 à 3	1 à2	Juni
		junge Schösslinge	2 à 3	2 à 3	Sept.
		Rinde der Zweige	1	1	„
		Pollen	3	3	Febr.
		Wurzel	3	2	Sept.
Salicaceae	Salix cinerea L.	♀ Kätzchen	3 à 4	3	April
	„ repens L.	j. Blatt	2	1 à 2	Juni
Betulaceae	Betula pubescens Ehrh.	♂ Kätzchen	1 à 2	< 1	März
		Rinde dünner Äste	2 à 3	< 1	„
		Holz „ „	1	< 1	„
		Cambium „ „	2 à 3	2	April
	Corylus Avellana L.	erw. Blatt	1 à 2	1	Sept.
		Pollen	3	2	März
		Rinde dünner Äste	3	1	„
Cupuliferae	Fagus silvatica L.	erw. Blatt	2	1 à 2	Sept.
		Kotelydonen	3 à 4	2	„
	Quercus Robur L.	erw. Blatt	1	1	„
		Kotyledonen	2	1 à 2	„
		Galle Biorhiza terminalis	2	1 à 2	Juni
		„ Dryophanta folii	1	< 1	Sept.
Polygonaceae	Polygonum Sachalinense F. Schmidt	sehr j. Blatt	4	2	April
		erw. „	1 à 2	1	Juni
Caryophyllaceae	Stellaria media Voll.	„ „	2	1 à 2	Oct.
Chenopodiaceae	Chenopodium album L.	„ „	1 à 2	1 à 2	„
	Beta vulgaris L. β cicla	„ „	2	1 à 2	„

Familie.	Spezies.	Objekt.	KOH.	MgO.	Zeit.
Ranunculaceae	Anemone nemorosa L.	s. j. Blatt	2 à 3	2 à 3	Febr.
		Rhizom	2	1 à 2	„
	Caltha palustris L.	j. Blatt	1 à 2	1 à 2	April
		Wurzel	1 à 2	1 à 2	„
	Ranunculus repens L.	erw. Blatt	3	1 à 2	Juni
	Ficaria verna Huds.	j. „	3	2 à 3	Febr.
		Knolle	2	2	„
	Batrachium spec.	unterget. Blatt	2	1 à 2	Mai
Magnoliaceae	Magnolia precox Cor.	Blumenknospe	3 à 4	2 à 3	März
		Blattknospe	2 à 3	1 à 2	„
Papaveraceae	Papaver orientale L.	j. Blatt	2 à 3	1 à 2	April
	Chelidonium majus L.	j. „	3	2	März
Fumariaceae	Corydalis solida Sm.	j. „	2	1 à 2	April
Cruciferae	Barbaraea vulgaris R. Br.	erw. „	1 à 2	1 à 2	Juni
	Brassica oleracea L.	erw. Blatt Savoyer K.	3 à 4	3 à 4	Sept.
	„ Rapa L.	Knolle	2 à 3	1 à 2	„
	Bunias orientalis L.	j. Blatt	3 à 4	3	April
		erw. „	2 à 3	2	„
	Cheiranthus cheiri L.	„ „	3	2	„
	Crambe cordifolia Stv.	j. „	4 à 5	4	„
	„ maritima L.	j. „	3	2 à 3	„
	Erophila verna E. Meijer.	j. „	2	1	März
	Hesperis matronalis L.	j. „	4	2	April
	Iberis sempervirens L.	j. „	2 à 3	1 à 2	„
	Lepidium sativum L.	junges, grünes Blatt	3	2 à 3	„
		„ etioliertes „	3 à 4	3	„
		hypocotyles Internodium	2 à 3	2	„
	Lunaria annua L.	j. Blatt	3 à 4	1 à 2	März

Familie.	Spezies.	Objekt.	KOH.	MgO.	Zeit.
	Lunaria annua L.	Samen	3	2	Sept.
	Nasturtium amphibium R. Br.	erw. Blatt	2	2	Juni
	Sisymbrium strictissimum L.	j. „	3	2 à 3	Mai
Polygalaceae	Polygala depressa Wend.	erw. „	1	0; < 1	Juni
Droseraceae	Drosera anglica Huds.	j. „	< 1	0	„
	„ intermedia Hyn.	j. „	< 1	0	„
	„ rotundifolia L.	j. „	< 1	0	„
		erw. Blatt mit Insekten	2 à 3	2	„
		erw. Blatt das neulich Insekten gefangen		< 1	„
		Wurzel		1	„
Crassulaceae	Sedum purpurascens L.	j. Blatt	3 à 4	1	April
Saxifragaceae	Ribes grossularia L.	Rinde der Ästchen	2 à 3	1 à 2	März
	„ sanguineum Pursh.	j. Blatt	4	2	Febr.
		erw. „	2	1	Juni
Rosaceae	Geum rivale L.	j. „	2	1 à 2	Mai
	Pirus baccata L.	j. „	3	1 à 2	April
	„ malus L.	Rinde der Ästchen	2 à 3	1 à 2	März
Papilionaceae	Lupinus luteus L.	erw. Blatt	2 à 3	1 à 2	Juni
	„ polyphyllus Lal.	Wurzel	< 1	< 1	„
	Pisum sativum L.	Kotelydonen	2	1 à 2	Sept.
	„ „	hervortretende Plumula	3 à 4	3	„
	Sarothamnus vulgaris Wimm.	erw. Blatt	2	1	„

Familie.	Spezies.	Objekt.	KOH.	MgO.	Zeit.
		Wurzel	1 à 2	1	April
	Trifolium pratense L.	erw. Blatt	2	1	„
	Vicia Faba L.	„ „	1	1	„
		Wurzel	1	1	„
Buxaceae	Buxus sempervirens L.	erw. Blatt	1	1	„
Aquifoliaceae	Ilex aquifolium L.	erw. Blatt	1 à 2	< 1	März
Aceraceae	Acer negundo L.	gelbbuntes Blatt	3	1 à 2	Juni
		grünes Blatt	2	1	„
	Acer platanoides L.	erw. Blatt	1 à 2	1	Sept.
		abgef. gelbes B.	1	< 1	„
Violaceae	Viola odorata L.	j. Blatt	2 à 3	1	Juni
Umbelliferae	Aegopodium podagraria L.	j. „	2 à 3	2	März
		erw. „	1 à 2	1	Juni
	Angelica silvestris L.	erw. „	1 à 2	1	Sept.
	Hydrocotyle vulgaris L.	j. „	2	1 à 2	Juni
Cornaceae	Aucuba japonica Thb.	erw. gelbbuntes Blatt	1 à 2	< 1	März
		erw. grünes Blatt	2 à 3	< 1	„
Aristolochiaceae	Aristolochia clematitis L.	erw. Blatt	1 à 2	< 1	Sept.
Empetraceae	Empetrum nigrum L.	erw. „	2 à 3	< 1	Juni
Ericaceae	Calluna vulgaris Salisb.	j. „	1	0	Juli
	Erica tetralix L.	j. „	1	0	„
	Vaccinium Vitis idaea L.	erw. „	1 à 2	0	Sept.
Pirolaceae	Monotropa hypopitys L.	Stengelschuppen	< 1	0	Juni
		Stengel	< 1	< 1	„
Primulaceae	Primula elatior Jacq.	j. Blatt.	2 à 3	1	März

Familie.	Spezies.	Objekt.	KOH.	MgO.	Zeit.
	Hottonia palustris L.	j. Blatt	3 à 4	3	Febr.
Gentianaceae	Gentiana pneumonanthe L.	erw. „	< 1	0	Aug.
	Menyanthes trifoliata L.	j. „	3	1	Mai
Apocynaceae	Vinca minor L.	erw. „	1 à 2	< 1	März
Convolvulaceae	Cuscuta epithymum L.	erw. Stengel	1 à 2	1 à 2	Juni
Labiatae	Galeobdolon luteum Huds.	j. Blatt.	2 à 3	1	April
	Lamium album L.	erw. „	2	1 à 2	Sept.
Solanaceae	Solanum tuberosum L.	etiolierte Schösslinge	3	1 à 2	März
		erw. Blatt	1 à 2	1	Juli
Scrophulariaceae	Alectorolophus major Rchb.	„ „	1 à 2	1	Juni
	Euphrasia nemorosa Pers.	„ „	1 à 2	1	„
	Melampyrum pratense L.	„ „	1 à 2	< 1	„
	Pedicularis sylvatica L.	j. „	1 à 2	1	„
Orobanchaceae	Orobanche rapae genistae Thuil.	Stengelknolle	1 à 2	1 à 2	„
		Stengelschuppen	2	2	„
Lentibulariaceae	Pinguicula vulgaris L.	j. Blatt	< 1	< 1	„
Rubiaceae	Asperula odorata L.	j. „	2	1	März
Caprifoliaceae	Sambucus nigra L.	j. „	3 à 4	2 à 3	Mai
	„ „	erw. gelbbuntes B.	2 à 3	2	Sept.
		erw. grünes B.	2	1 à 2	„
Valerianaceae	Valeriana dioica L.	j. Blatt	1	0	Mai
Lobeliaceae	Lobelia Dortmanna L.	erw. „	< 1	< 1	Juni
Compositae	Artemisia vulgaris L.	„ „	2	1 à 2	Sept.

Familie.	Spezies.	Objekt.	KOH.	MgO.	Zeit.
	Cirsium anglicum Lobel	erw. Blatt	1	< 1	Juni
	Senecio vulgaris L.	„ „	2 à 3	1 à 2	April
	Sonchus oleraceus L.	„ „	2	1 à 2	Sept.

Pflanzen mit Bakterienknöllchen oder Mykorrhiza.

Familie.	Spezies.	Objekt.	KOH.	MgO.	Zeit.
Papilionaceae	Lupinus luteus L.	erw. Blatt	2 à 3	1 à 2	„
		junge Knöllchen	3	2 à 3	„
		erwachsene „	3 à 4	3 à 4	Juni
		alte „	4 à 5	4 à 5	Sept.
		Wurzelrinde unter den Knöllchen	< 1	< 1	„
		Wurzelrinde oberhalb der Knöllchen	2	1 à 2	„
		Wurzelhals	1 à 2	1 à 2	„
	Lupinus polyphyllus Lal.	Bakterienknöllchen	3 à 4	3 à 4	Juni
		Wurzel	< 1	< 1	Sept.
	Trifolium pratense L.	„	3	2 à 3	„
		Blatt	2	1 à 2	„
		Bakterienknöllchen	5	5	„
	Robinia pseudacacia L.	„ „	3 à 4	3 à 4	„
	Sarothamnus vulgaris Wimm.	erw. Blatt	2	1	„
		Wurzel (dicke)	1 à 2	< 1	„
		„ (dünne)	1 à 2	1	„
		Bakterienknöllchen	4	4	„

Familie.	Spezies.	Objekt.	KOH.	MgO.	Zeit.
	Vicia Faba L.	erw. Blatt	1	1	Sept.
		Wurzel	1	1	"
		Bakterienknöllchen	4 à 5	4 à 5	"
Betulaceae	Alnus glutinosa Gaertn.				"
		erw. Blatt	1 à 2	1 à 2	
		Rinde und Holz	1 à 2	1 à 2	"
		Wurzel	1 à 2	1 à 2	"
		Wurzelknöllchen	3 à 4	3, 3 à 4	"
Myricaceae	Myrica gale L.	Blatt	2 à 3	1 à 2	"
		Wurzel	3	2 à 3	"
		Wurzelknöllchen	4 à 5	3 à 4	"
Eleagnaceae	Hippophaes rhamnoides L.	erw. Blatt	1 à 2	1	"
		junge Schösslinge	2 à 3	1 à 2	"
		Wurzel	2 à 3	2	"
		Wurzelknöllchen	4	2 à 3	"
Coniferae	Podocarpus elata R. Br.	erw. Blatt	2	1 à 2	"
		Wurzelknöllchen	2 à 3	2 à 3	"
Lycopodiaceae	Psilotum triquetrum Sw.	Stengel	1	1	"
		Rhizom mit Mykorrhiza	2 à 3	2 à 3	"
		Vegetationspunkt der Rhizome ohne Mykorrhiza	1	1	"
Ericaceae	Erica Tetralix L.	Mykorrhiza	1	0	"
	Calluna vulgaris Salisb.	"		< 1	"
Coniferae	Pinus silvestris L.	"	2	< 1	"
Cupiliferae	Fagus silvatica L.	"	1 à 2	< 1	"

[1]) Zwischen den Blattteilen von Psychotria bacteriophila mit Bakterien und denjenigen ohne Bakterien war kein Unterschied zu beobachten. (Gehalt 1 à 2).